

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020020019855 A

(43)Date of publication of application: 13.03.2002

(21)Application number: 1020000053216

(22)Date of filing: 07.09.2000

(71)Applicant: KOREA ADVANCED INSTITUTE
OF SCIENCE AND
TECHNOLOGY(72)Inventor: JI, HO CHEOL
JUNG, YUN CHEOL
PARK, GEUN JU
SHIN, SEUNG GYUN

(51)Int. Cl.

H04B 10/135

(54) APPARATUS AND METHOD FOR STABILIZING MULTIWAVELENGTH FOR WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING
OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(57) Abstract:

PURPOSE: An apparatus and a method for stabilizing multiwavelength for a wavelength division multiplexing optical communication system are provided to simultaneously stabilize lots of WDM channels through one control loop, and efficiently restrain frequency offset by using an FFT, thereby accurately and simultaneously stabilizing frequency of each laser.

CONSTITUTION: A modulating element modulates output wavelength of transmitting lasers(22a,22b,...,22n) different from each other in wavelength. An optical distribution element(26a) distributes optical signals into two parts to stabilize wavelength of wavelength division multiplexed optical signals. An optical detection element(14a) detects one part of the distributed optical signals. An optical filtering element(24) filters wavelength division multiplexed optical signals in an optical frequency area. An optical detection element(14b) detects the other part of the distributed optical signals after passing through the optical filtering elements (14a,14b) to stabilize wavelength of the wavelength division multiplexed optical signals at each reference frequency. Calculation elements(16,20) calculate the detected optical signals for detecting the first differential signal of the optical filtering elements(14a,14b). An output element(18) performs predetermined output from the detected first differential signal to control the transmitting lasers(22a,22b,...,22n).

COPYRIGHT KIPO 2002

Legal Status

Date of final disposal of an application (20020525)

Patent registration number (1003424310000)

Date of registration (20020617)

Number of opposition against the grant of a patent ()

Date of opposition against the grant of a patent ()

Number of trial against decision to refuse ()

Date of requesting trial against decision to refuse ()

Date of extinction of right ()

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(SI) Int. Cl.
H04B 10/135(11) 공개번호 특2002-0019855
(43) 공개일자 2002년03월13일

(21) 출원번호	10-2000-0053216
(22) 출원일자	2000년09월07일
(71) 출원인	한국과학기술원 윤덕홍 대전 유성구 구성동 373-1
(72) 발명자	정은철 대전광역시유성구머은동한빛아파트101동1303호 박근주 전라남도목포시동당2동9/41109-12 신승근 서울특별시종로구신내동건영아파트201동304호 지호을 서울특별시성북구공암2동 SK아파트103동402호
(74) 대리인	이종일, 조희연

심사결과 : 있음

(54) 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화방법및 장치**요약**

본 발명은 파장분할다중화방식 광통신망에서 사용할 수 있는 광신호의 다파장 안정화 방법에 관한 것으로써, 더 상세하게는 파장이 서로 다른 다수의 송신용 레이저에 정현파 전류를 인가하여 파일럿 톤을 생성시킨 다음 패브리-페롯 에탈론 필터를 통과시킨 후 푸리에 변환을 이용하여 다파장을 안정화하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

본 발명은 각 파장분할다중방식 레이저를 구동하는 바이어스 전류에 작고 특정한 정현파 전류를 인가하여 광신호를 주파수 변조시키는 공정과, 상기 광신호를 필터링수단을 통해 필터링한 후 생성된 파일럿 톤을 검출하고, 검출된 신호를 샘플링 수행하여 디지털화하는 공정과, 패스트 푸리에 변환을 하여 파일럿 톤의 크기와 위상을 검출하는 공정과, 푸리에 변환된 데이터가 필터링수단의 일치미분 신호로 제공되는 공정과, 상기 필터링수단의 공진주파수가 각 표준주파수에 일치되면 온도 혹은 전류를 제어하여 각 파장분할다중방식 채널의 동작 파장을 안정화하는 공정으로 구성된다.

도표도**도1****측면도**

파장분할다중방식(WDM), 안정화, 패브리 페롯 에탈론 필터, 수광기, A/D 변환기, D/A 변환기, 파일럿 톤, 마이크로프로세서.

명세서**도면의 간단한 설명**

도 1은 본 발명에 따른 다파장 안정화장치의 구성도이다.

도 2는 도 1에서 에탈론 필터와 수광기를 통과한 신호를 패스트 푸리에 변환한 데이터의 실수부값이다.

도 3은 본 발명에 의해 광주파수가 안정화된 후 측정된 광주파수의 안정도이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

10 : 안정화장치 12 : 디지털 신호처리 보드

14a, 14b : 수광기 16 : A/D 변환기

18 : D/A 변환기 20 : 마이크로프로세서

22a, 22b~22n : 레이저 24 : 패브리-페롯 에탈론필터

26 : 광 커블러 26a, 26b : 탭 커블러
30 : 광섬유 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$: 파일럿 톤

본 발명의 상세한 설명

본 발명의 목적

본 발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 파장분할다중화방식 광통신망에서 사용할 수 있는 광신호의 다파장 안정화 방법에 관한 것으로서, 더 상세하게는 파장이 서로 다른 다수의 송신용 레이저에 정현파 전류를 인가하여 파일럿 톤을 생성시킨 다음 패브리-페롯 에탈론필터를 통과시킨 후 푸리에 변환을 이용하여 파장을 안정화하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

파장분할다중방식(WDM: Wavelength Division Multiplexing, 이하 WDM으로 표기함) 광통신시스템은 하나의 광섬유에 여러 파장의 광신호를 다중화하여 전송함으로써 시스템을 효율적으로 초고속화 및 초 광대역화시킬 수 있는 전송시스템이다.

현재 인터넷을 비롯한 각종 데이터 트래픽(data traffic)의 폭증으로 인하여 파장분할다중방식 광통신시스템은 채널간격이 축소되고 있으며 또한 많은 채널을 수용하게 되었다.

상기 시스템에서 각 레이저의 주파수를 정확히 제어하는 것이 중요하게 되었다.

예를 들어, 채널간격이 50 GHz가 되면 10 GHz의 전송속도로 동작하고 있는 각 레이저의 주파수는 2.5 GHz 이내로 안정화되어야 한다.

그러나, 노화로 인하여 현재 널리 사용되고 있는 반도체 광캐비티(DFB: Distributed FeedBack) 레이저들의 주파수는 레이저를 구동하는 전류와 온도 등을 일정하게 하더라도 수십 GHz까지 움직일 수 있으므로 각 레이저의 주파수를 기존 주파수에 안정화시켜야 한다.

최근 광섬유 격자(fiber grating), 도파관열 격자(AWG: Arrayed Waveguide Grating), 에탈론필터 등을 주파수 기준으로 사용함으로써 파장분할다중방식 레이저들의 주파수 안정도를 향상시키는 방법들이 제안되었다.

그러나, 상기 광섬유 격자는 각 WDM 레이저들을 국제전기통신연합(ITU: International Telecommunication Union)에서 권고하는 광주파수에 안정화시키기 위하여 사용되는 채널의 개수만을 필요하고, 각 광섬유 격자들의 반사 및 투과 특성이 표준 주파수에 정확히 일치되도록 해야 하는 단점이 있다.

상기 도파관열 격자를 사용한 파장 안정화방법은 WDM 레이저들을 동시에 안정화시킬 수 있으나, 안정화(로킹) 가능한 최대 채널이 산용화된 도파관열 격자의 주기(FSR: Free Spectral Range)에 의해 제한을 받고, 또한 도파관열 격자의 각 통과대역 특성이 조금씩 다르므로 각 WDM 채널의 파장 안정도가 저하될 우려가 있다.

한편 기존주파수에 일치된(synchronized) 에탈론필터는 주파수로 로킹된 레이저들을 사용하지 않고도 표준 주파수에 일치된 절대 주파수들을 제공할 수 있다.

상기 에탈론필터의 입사 각도를 조정함으로써 등간격을 가지고 일련의 기준 주파수들을 제공하는 기준 주파수에 일치된 에탈론을 쉽게 제작할 수 있다.

상기 싱크로나이즈드 에탈론필터를 이용한 자동 파장 안정화 시스템이 선출원된 바(국내특허출원번호: 97-17558호, 플드스타트 방식 파장 분할 다중 광전송 시스템 및 그의 표준 주파수 발생 방법) 있으나, 대부분의 안정화방법과 마찬가지로 WDM 채널의 개수만큼 록-인(lock-in) 증폭기들이 필요한 문제점이 있었다.

따라서, WDM 채널의 갯수가 증가하면 복잡해지고 비경제적이 되는 문제점이 있다.

또한 종래에 제안된 록-인(lock-in) 증폭기를 사용하여 파장을 안정화하면 에탈론필터의 투과 함수로 인하여 주파수 오프셋이 존재하게 된다.

이러한 에탈론필터의 투과 함수는 파일럿 톤에 의한 레이저의 강도 변조에 기인하는 것으로, 파일럿 톤에 의한 레이저의 강도 변조 효과를 억제하기 위해서는 록-인 증폭기에 입력되는 기준 신호의 위상을 0.5 π 가 되도록 정확히 제어하여야만 하였다.

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 하나의 제어 루프를 통하여 많은 수의 WDM 채널들을 동시에 안정화시킬 수 있고 패스트 푸리에 변환을 이용하여 레이저에서 발생하는 강도 변조에 의한 주파수 오프셋을 효과적으로 억제함으로써 각 레이저의 주파수를 동시에 안정화시킬 수 있는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화방법을 제공하는데 그 목적이 있는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 두개의 수광기와, A/D 변환기, D/A 변환기, 마이크로프로세서 등으로 이루어진 디지털 신호처리 보드, 그리고 패브리 페롯 에탈론 필터 등으로 주파수 안정화 장치를 쉽게 구현할 수 있으므로 다채널 파장분할다중방식 광통신시스템의 다파장 안정화에 크게 기여할 수 있는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치를 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상술한 목적을 달성하기 위하여 본 발명에서는 하나의 폐관 루프(feedback loop)를 이용하여 다수의 WDM 레이저를 동시에 안정화하는 간단한 방법이 제안된다.

본 발명에서는 에탈론필터와 디지털 신호처리 보드가 이용된다.

광신호를 주파수 변조시키기 위하여 각 WDM 레이저를 구동하는 바이어스 전류에 작은, 특정한 정현파 전류(파일럿 톤)가 인가된다.

이 전류는 파장분할다중방식 광통신시스템에서 채널 인식과 광신호를 감시하는 파일럿 톤 등으로 이용된다.

본 발명은 고정된 패브리-페롯 에탈론 필터, 수광기, A/D 변환기, 마이크로 프로세서, D/A 변환기 등을 이용하여 각 레이저의 파장을 안정화하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

광신호를 패브리-페롯 에탈론필터에 통과시킨 후 수광기와 A/D 변환기를 이용하여 파일럿 톤을 검출한 후, 마이크로프로세서를 이용하여 패스트 푸리에 연산을 하면 각 톤의 크기와 위상이 검출되고, 푸리에 변환된 데이터는 패브리-페롯 에탈론필터의 일차미분 신호로 제공되어, 패브리-페롯 에탈론필터의 공진 주파수들이 각 표준 주파수에 일치되면 D/A 변환기를 이용하여 각 레이저의 온도, 혹은 전류를 조절함으로써 각 WDM 채널의 동작 파장이 쉽게 안정화 된다.

상기와 같은 방법의 본 발명을 수학적식을 이용하여 설명하면 다음과 같다.

먼저 파장분할다중방식 광통신 시스템의 송신기로 사용하는 레이저에 바이어스 전류와 함께 각각 주파수가 다른 작은 신호의 정현파 전류를 가하여 레이저의 출력 광전력을 약간 변조하면 레이저의 출력 광전력과 n번째 레이저의 광주파수는 다음 수학적식으로 표현된다.

$$P(t) = \sum_n P_n + \Delta P_n \sin(\omega_n t)$$

$$v_n(t) = v_n + \Delta v_n \sin(\omega_n t + \phi_n)$$

수학적식 1 및 수학적식 2에서, P_n 은 n번째 레이저의 평균 광전력(출력)을, ΔP_n 은 레이저 광출력의 정현파 부분의 피크 크기를, v_n 은 레이저의 중앙 주파수(center frequency)를, Δv_n 은 정현파 전류에 의해 인가된 레이저 주파수의 피크 변화(peak deviation)를, ϕ_n 은 레이저의 강도(광전력) 변조와 주파수 변조 사이의 위상 지연(phase delay)을 의미한다.

이때, P_n 과 ΔP_n 의 비를 변조 지수(modulation index, M_n)라 정의하면 다음과 같이 표현된다.

$$M_n = \frac{\Delta P_n}{P_n}$$

상기 변조 지수는 송신기에서 P_n 과 ΔP_n 을 측정함으로써 알 수 있고 변조 지수는 전송 시스템의 성능에 영향을 미치지 않도록 10 % 이내가 될이 바람직하다.

각 채널의 주파수를 안정화시키기 위하여 파일럿 톤과 함께 패브리-페롯 에탈론필터가 사용된다.

Δv_n 이 패브리-페롯 에탈론필터의 통과 대역보다 아주 작다고 가정하면, 패브리-페롯 에탈론필터를 통과한 파일럿 톤을 수광기로 검출하면 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$S(t) = \sum_n [T(v_n) - T'(v_n) \Delta v_n \sin(\omega_n t + \phi_n)] (P_n + \Delta P_n \sin(\omega_n t))$$

여기서, $T(v_n)$ 은 패브리-페롯 에탈론필터의 통과 함수(transmission function)를, $T'(v_n)$ 은 $T(v_n)$ 의 일차 도함수(first derivative)를 의미한다.

수학적식 4를 패스트 푸리에 변환하면 파일럿 톤의 주파수에서 다음과 같이 나타난다.

$$S(\omega) = \sum_n \frac{\Delta P_n}{4\pi} [1 - \frac{\Delta v_n}{M_n} \sin(\phi_n) T'(v_n) + j \frac{\Delta v_n}{M_n} \cos(\phi_n) T'(v_n) - T(v_n)] \delta(\omega - \omega_n)$$

상기 수학적식 5는 WDM 신호를 패브리-페롯 에탈론필터에 통과시켜 톤 신호를 검출한 후 패스트 푸리에 변환을 하면, 각 파일럿 톤의 주파수에 실수부와 허수부가 나타난다는 것을 보여준다.

상기 수학식 5에서 실수부를 보면 패브리-페롯 에탈론필터의 1차 도함수(미분함수)와 존재함을 알 수 있으며 각 채널의 광주파수 ω_n 은 변조된 데이터의 실수부를 이용하여 패브리-페롯 에탈론필터의 각 공진 주파수에 안정화시킬 수 있는 것이다.

만약 위와 같은 디지털 신호처리 방법 대신에 종래에 제안된 록-인(lock-in) 증폭기를 사용하여 파장을 안정화하면 수학식 5의 허수부에 위치하는 패브리-페롯 에탈론필터의 투과 함수로 인하여 주파수 오프셋이 존재하게 된다.

이러한 패브리-페롯 에탈론필터의 투과 함수는 파일럿 톤에 의한 레이저의 강도 변조에 기인하는 것으로, 파일럿 톤에 의한 레이저의 강도 변조 효과를 억제하기 위해서는 록-인 증폭기에 입력되는 기준 신호의 위상을 0.5π 가 되도록 정확히 제어하여야만 하는 반면에, 본 발명의 디지털 신호처리 방법을 이용하면 단지 프리에 변조된 데이터의 실수부만 이용하여 강도 변조에 의한 주파수 오프셋을 효과적으로 억제함으로써 모든 채널을 동시에 안정화시킬 수 있다.

상술한 방법의 예로 파장분할다중방식 광통신 시스템에서 총 16개 채널의 주파수 안정화를 첨부된 도면을 참고로 하여 설명하면 다음과 같다.

본 발명에 따른 다파장 안정화 장치는 파장이 서로 다른 다수의 송신용 레이저의 출력 파장을 변조시키는 변조수단과,

파장분할다중화된 광신호의 파장을 동시에 안정화하기 위하여 광신호를 두 부분으로 분배하는 광분배수단과,

상기 두 부분으로 분배된 광신호중 한 부분을 검출하는 광검출수단과,

파장분할다중화된 광신호를 광주파수 영역에서 필터링하는 광필터링수단과,

파장분할다중화된 광신호들의 파장을 각 기준 주파수에 안정화시키기 위하여 두 부분으로 분배된 광신호중 다른 한 부분이 상기 광필터링수단을 통과한 뒤 검출하는 광검출수단과,

상기 검출된 광신호를 연산하여 상기 광필터링수단의 일치미분신호를 검출할 수 있는 연산수단과,

상기 검출된 일치미분신호로부터 상기 송신용 레이저를 제어하기 위한 소정의 출력을 하는 출력수단으로 구성된다.

도 1은 상기 광분배수단으로 2×2 광 커플러(26a)를, 광검출수단으로 수광기(14a, 14b)를, 광필터링수단으로 패브리-페롯 에탈론필터(24)를, 연산수단으로 A/D 변환기(16)와 마이크로프로세서(20)를, 출력수단으로 D/A 변환기(18)를 사용하여 구성한 것이다.

상기 광필터링수단으로는 패브리-페롯 에탈론필터(24) 대신에, 공진주파수간의 간격이 파장분할다중화된 신호의 채널 간격과 유사한 광섬유 패브리-페롯 필터, 공진주파수간의 간격이 파장분할다중화된 신호의 채널 간격과 유사한 도파관결격자, 파장분할다중화된 각 광신호가 동작해0하는 광주파수 영역 부분에서 필터링할 수 있는 광학 필터중에 하나를 사용해도 무방하다.

도 1은 본 발명에 의한 파장(주파수) 안정화 장치를 이용하여 광신호의 파장을 안정화하는 구성도이다. 사용된 레이저(22a, 22b...22n)는 1550 nm의 파장 대역에서 동작하는 파장 선택형 광계환 레이저이다.

상기 레이저에 주파수의 범위가 101 kHz부터 116kHz이고 각 주파수의 간격이 1 kHz인 정현파 전류를 개별적으로 인가하면 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)이 생성된다.

상기 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)은 파장분할다중방식 광통신시스템에서 주파수 안정화, 채널 인식, 광신호 감시 등에 동시에 응용될 수 있고, 각 레이저(22a, 22b...22n)의 평균 출력은 3 dBm이다.

광계환 레이저가 위와 같이 작은 입력 전류에 의해 변조되면 출력 광주파수 또한 변조된다.

입력 변조 전류의 주파수가 낮으면, 레이저(22a, 22b...22n)의 활성영역에서의 온도 변조가 잘 일어나므로 광주파수 변조가 크게 일어난다.

상기 수학식 5로부터 변조된 주파수의 피크 크기가 크면 프리에 변조된 데이터의 실수부가 크게 나타남을 알 수 있어 파장 안정도를 향상시키기 위해서는 변조 주파수를 10 kHz 이내로 선택하면 된다.

한편, 파장분할다중방식 광통신망의 성능 감시를 위해 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)을 사용하면 감시 성능이 더욱 첨가 광섬유 증폭기(EDFA: Erbium-Doped Fiber Amplifier)의 느린 동적 특성으로 인하여 저하될 수 있으나, 주파수가 높은 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)을 이용하면 이를 억제할 수 있다.

따라서 본 발명에서는 느린 동적 특성에 의한 효과를 억제하기 위하여 100 kHz 대역의 변조 주파수를 사용하였다.

100 kHz 대역에서 발생하는 광주파수 변조량은 10 kHz 대역에서 발생하는 것보다 약 3배 정도 작게 나타나고, 측정된 주파수 변조의 피크 크기는 0.16~0.4 GHz이다.

또한 파장 안정도를 향상시키기 위해서는 수학식 5에서와 같이 변조 전류의 피크 크기를 증가시켜야 하나, 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)은 데이터 신호와 간섭하여 전송 시스템에 페널티(penalty)를 일으킬 수 있고, 페널티는 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)의 변조 주파수에는 관계하지 않고 크기에만 관계하므로 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)의 변조 전류의 피크 크기를 작게 하면 된다.

예를 들어, 본 발명에서는 10Gb/s의 전송속도를 가지는 데이터 신호(패턴 길이: 2^8-1)의 파일럿 톤(ω_1 ,

$\omega_1, \dots, \omega_n$ 에 의한 페널티를 0.5 dB01내로 하기 위해서, 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)의 변조 전류의 피크 크기를 3 mA로 하였다.

이 때 변조 지수는 약 10 %이고, 강도 변조와 주파수 변조의 위상 차이는 변조 주파수가 100 kHz 대역일 때 -0.2π 이다.

채널 간격이 100 GHz로 선택된 광계관 레이저들의 출력은 일정한 비율로 신호를 추출하는 광 커플러(26)를 통하여 하나의 광섬유(30)에 입력되고, 주파수를 안정화하기 위하여 신호의 일부분이 탭 커플러(28, tap coupler)를 통하여 안정화 장치(10)에 입력된다.

입력된 광신호는 다시 탭 커플러(28b)를 통하여 두 부분으로 나누어지, 한 부분은 바로 수광기(14a)에 입력되어 전기신호로 변환되고 다른 한 부분은 패브리-페롯 메탈론필터(24)에 입력된다.

상기 패브리-페롯 메탈론필터(24)는 약 1 mm의 두께를 가지는 석영 유리(quartz glass)의 양쪽면에 유전체 필름(dielectric film)을 코팅하여 제조된다.

상기 패브리-페롯 메탈론필터(24)는 국제전기통신연합에서 권고하는 표준주파수에 일치하는 등간격의 주파수를 제공하고, 각 공진 주파수의 온도에 대한 변화량은 -1 GHz/°C이다.

또한 상기 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 각 공진 주파수는 온도 제어기에 의해 ± 50 MHz 이내로 제어된다.

상기한 방법으로, 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 온도를 제어하면 주위 온도를 60°C 까지 상승시켜도 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 온도 의존성을 효과적으로 억제할 수 있다.

상기 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 출력은 다른 수광기(14b)에 입력되어 전기 신호로 변환된다.

상기 수광기(14a, 14b)를 거쳐 변환된 전기 신호는 패스트 푸리에 변환을 이용하여 입력 전기 신호의 크기와 위상을 측정하는 디지털 신호처리 보드(12)에 입력된다.

상기 디지털 신호처리 보드(12)는 검출된 신호를 디지털화하기 위하여 샘플링을 수행하는 A/D 변환기(16), 상기 A/D 변환기(16)에서 샘플링된 데이터를 패스트 푸리에 변환한 다음 각 광신호의 파장을 안정화하기 위하여 필요한 연산을 수행하는 마이크로프로세서(20), 상기 마이크로프로세서(20)로부터 검출된 디지털 데이터를 각 레이저의 파장을 안정화하기 위하여 아날로그 제어신호로 변환하여 출력하는 D/A 변환기(18)로 구성된다.

이때 상기 A/D 변환기(16)의 샘플링 주파수는 250 kHz이며 분해능은 12 bit이다.

또한 상기 A/D 변환기(16)는 상기 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)을 샘플링하기 위하여 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)의 주파수보다 최소한 2배 이상의 샘플링 속도를 갖고, 출력신호를 입력받기 위하여 2배 이상의 입력 포트(port)를 가지고 있으며, 신호의 위상을 검출하기 위하여 각 포트가 동기화 되어 있다.

디지털 신호처리 보드(12)를 거쳐 전기 신호는 패스트 푸리에 변환된다.

도 2는 레이저 주파수에 따라 측정된 3번 채널의 푸리에 변환된 실수부의 값으로, 수평축은 레이저 주파수와 그에 해당하는 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 공진 피크의 차이를 나타낸다.

레이저(22a, 22b, ..., 22n)의 주파수가 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 공진 주파수보다 작으면 푸리에 변환된 실수부의 데이터는 양수를 나타내며 공진 주파수가 크면 데이터는 음수를 나타내고, 이 때 실수부의 데이터가 음수인 기울기를 가지는 범위(즉, 로킹 범위)에서 실수부의 데이터가 양수가 되면 상기 D/A 변환기(18)를 이용, 레이저(22a, 22b, ..., 22n)의 온도를 조절하여 레이저의 주파수를 증가시킨다.

또한 실수부의 데이터가 음수이면 같은 방법으로 레이저(22a, 22b, ..., 22n)의 주파수를 감소시킨다.

이런 방식으로 궤환 제어(feedback-control)를 하면, 결국 레이저(22a, 22b, ..., 22n)의 주파수는 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 공진 주파수에 안정화(로킹)되게 된다.

각 레이저(22a, 22b, ..., 22n)의 온도는 제어 회로를 통하여 유지되며 이에 따라 레이저 출력 주파수는 ± 100 MHz 이내로 제어된다.

상기 디지털 신호처리 보드(12)를 구성하는 D/A 변환기(18)는 출력포트가 16개이므로 일회의 연산으로 16개 채널의 주파수를 동시에 안정화할 수 있는 것이다.

도 3에 나타나는 주파수 안정도는 상용화된 파장 미터를 이용하여 측정한 것으로, 다파장 미터의 분해능은 100 MHz이다.

도 3으로 부터 제어 루프를 동작시킨 후 1분 이내에 16개의 레이저(22a, 22b, ..., 22n)들을 각각 ± 200 MHz 이내로 안정화시킬 수 있음을 알 수 있다.

최대 주파수 안정화 범위는 상기 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 반사율이 88 %일 때 (대역폭: 4 GHz) ± 4 GHz로 제한되어지나, 비록 로킹 범위가 작더라도 마이크로프로세서(20)에서 각 레이저(22a, 22b, ..., 22n)의 온도를 변화시켜 가면서 로킹 범위를 찾음으로써 상기 단점이 해결된다.

또한 반사율이 30 %인(대역폭: 40GHz) 패브리-페롯 메탈론필터(24)를 사용하면 로킹 범위가 ± 30 GHz로 증가하게 되나 주파수 안정도는 ± 26 GHz로 성능이 저하된다.

이것은 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 대역폭이 증가하게 되면 디지털 신호처리 보드(12)에서 측정할 수 있는 1차 도함수의 크기가 작아져서 성능이 저하되는 현상 때문이다.

또한 레이저들의 주파수 안정도는 채널의 개수가 증가할 수록 상기 수광기(14a, 14b)에 입력되는 광신호의 크기가 작아지므로 성능이 저하되며, 만약 패브리-페롯 메탈론필터(24)의 반사율이 30 %이고 채널의 개수

가 32개가 되면 주파수 안정도는 ± 5 Hz로써 성능이 더욱 저하되어 결국 이러한 패브리-페롯 메탈론필터 (24)를 사용한 안정화 장치(10)는 64개 채널 이상의 WDM 시스템을 지원하지 못하게 된다.

그러나 이 경우 수광기(14a, 14b)를 복수개 사용하거나 A/D 변환기(16)의 분해능을 높이거나, 반사율이 높은 패브리-페롯 메탈론필터(24)를 사용함으로써 문제를 해결할 수 있는 것이다.

또한 각 레이저의 광출력은 레이저 패키지 내에 위치한 감시 수광기를 이용한 자동 출력 제어 회로를 사용하여 ± 0.1 dB 이내로 제어시킬 수 있는 것이다.

발명의 효과

이상에서와 같이, 본 발명에서는 파장분할다중방식 광통신 시스템에서 각 채널의 주파수를 동시에 안정화하는 방법이 제안되어, 종래의 안정화 방법과는 달리 하나의 제어 루프를 통하여 많은 수의 WDM 채널들을 동시에 안정화시킬 수 있고, 패스트 푸리에 변환을 이용하여 레이저에서 발생하는 강도 변조에 의한 주파수 오프셋을 효과적으로 억제함으로써 각 레이저의 주파수를 동시에 정확히 안정화시킬 수 있는 효과가 있다.

본 발명에서 제안하는 주파수 안정화 장치는 단지 두개의 수광기와 A/D 변환기, D/A 변환기, 마이크로프로세서 등으로 이루어진 디지털 신호처리부, 패브리-페롯 메탈론필터 등으로 쉽게 구현될 수 있으므로 다채널 파장분할다중방식 광통신 시스템의 파장 안정화에 크게 기여하는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

파장이 서로 다른 다수의 송신용 레이저(22a, 22b...22n)의 출력 파장을 변조시키는 변조수단과,
파장분할다중화된 광신호의 파장을 동시에 안정화하기 위하여 광신호를 두 부분으로 분배하는 광분배수단과,
상기 두 부분으로 분배된 광신호중 한 부분을 검출하는 광검출수단과,
파장분할다중화된 광신호를 광주파수 영역에서 필터링하는 광필터링수단과,
파장분할다중화된 광신호들의 파장을 각 기준 주파수에 안정화시키기 위하여 두 부분으로 분배된 광신호중 다른 한 부분이 상기 광필터링수단을 통과한 뒤 검출하는 광검출수단과,
상기 검출된 광신호를 연산하여 상기 광필터링수단의 일차미분신호를 검출할 수 있는 연산수단과,
상기 검출된 일차미분신호로부터 상기 송신용 레이저를 제어하기 위한 소정의 출력을 내는 출력수단을,
포함하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 광분배수단은 일정한 비율로 신호를 추출하는 2x2 광 커플러(26a)임을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 광검출수단은 수광기(14a, 14b)임을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 광필터링 수단은 공진주파수간의 간격이 파장분할다중화된 신호의 채널 간격과 유사한 패브리-페롯 메탈론필터(24)임을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 광필터링 수단은 공진주파수간의 간격이 파장분할다중화된 신호의 채널 간격과 유사한 광절연 패브리 페롯 필터임을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 광필터링 수단은 공진주파수간의 간격이 파장분할다중화된 신호의 채널 간격과 유사한 도파관결격자임을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 광필터링 수단은 파장분할다중화된 각 광신호가 동작해야 하는 광주파수 영역 부근에서 필터링할 수 있는 광학 필터임을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 연산수단은 상기 광검출수단으로부터 검출된 신호를 디지털화하기 위하여 파일럿 톤($\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_n$)의 샘플링을 수행하는 A/D 변환기(16)와,

상기 A/D 변환기(16)에서 샘플링된 데이터를 패스트 푸리에 변환한 다음, 필요한 연산을 수행하는 마이크로프로세서(20)로 구성될 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 A/D 변환기(16)는 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)의 주파수보다 최소한 2배 이상의 속도를 갖고, 2개 이상의 입력 포트를 가지며, 상기 각 포트가 동기화 되어 있음을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 10

청구항 8에 있어서, 상기 마이크로프로세서(20)는 상기 A/D 변환기(16)의 출력 데이터를 패스트 푸리에 변환하여 실수부와 허수부를 축정한 다음, 변환된 데이터의 실수부를 이용하여 각 기준 주파수에서 광필터링수단의 일차미분신호를 검출함을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 출력수단은 상기 연산수단으로부터 검출된 디지털 데이터를 아날로그 제어신호로 변환하여 출력하는 D/A 변환기(18)임을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 D/A 변환기(18)는 송신용 레이저(22a, 22b...22n)의 온도 또는 전류를 제어하여 다파장을 안정화시킴을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화장치.

청구항 13

각 파장분할다중방식 레이저(22a, 22b...22n)를 구동하는 바이어스 전류에 작고 특정한 정현파 전류를 인가하여 광신호를 주파수 변조시키는 공정과,

상기 광신호를 필터링수단을 통해 필터링한 후 생성된 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)을 검출하고, 검출된 신호를 샘플링 수행하여 디지털화하는 공정과,

패스트 푸리에 연산을 하여 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)의 크기와 위상을 검출하는 공정과,

푸리에 변환된 데이터가 상기 필터링수단의 일차미분 신호로 제공되는 공정과,

상기 필터링수단의 공진주파수가 각 표준주파수에 일치되면 온도 혹은 전류를 제어하여 각 파장분할다중방식 채널의 동작 파장을 안정화하는 공정을,

포함하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서, 상기 광신호를 주파수 변조시키는 공정에서 송신용 레이저(22a, 22b...22n)의 삽입전류에 주파수가 서로 다른 작은 변조전류를 첨가하고 각 송신용 레이저(22a, 22b...22n)의 파장을 동시에 변조하여 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)을 생성시킴을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화방법.

청구항 15

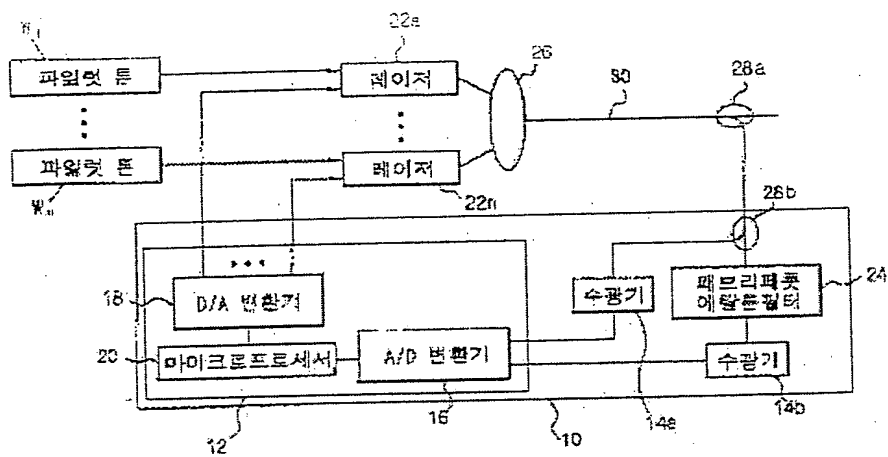
청구항 13 또는 청구항 14에 있어서, 상기 광신호를 변조시키는 공정에서 변조된 송신용 레이저(22a, 22b...22n)의 변조지수는 10 % 이내임을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화방법.

청구항 16

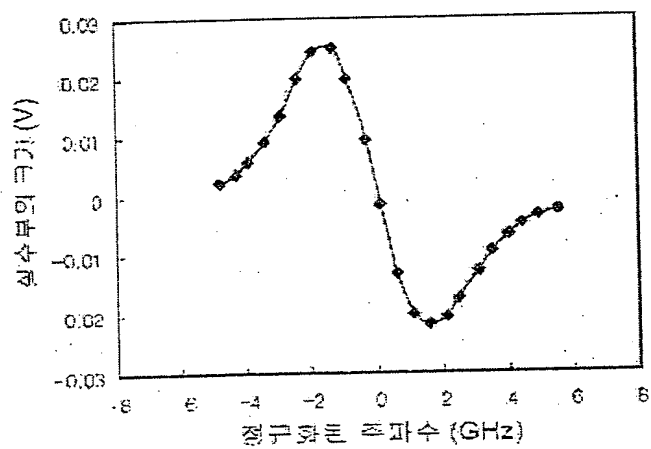
청구항 13 또는 청구항 14에 있어서, 상기 파일럿 톤($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$)은 파장분할다중방식 광통신시스템에서 주파수 안정화, 채널 인식, 광신호 감시에 동시에 응용됨을 특징으로 하는 파장분할다중방식 광통신시스템을 위한 다파장 안정화방법.

도면

525



592



도 83

